Aus der Abteilung für konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie der Klinik und Poliklinik für Zahn-Mund- und Kieferkrankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

---

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VERSCHIEDENER MODELLMATERIALIEN AUF IHRE EIGNUNG IN DER INLAYTECHNIK

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
dem Fachbereich Medizin vorgelegt von

Barbara Elvine Broeder-Steffan
aus Wiesbaden

Mainz
~~1984~~
1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554405_0100

Aus der Abteilung für konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie der Klinik und Poliklinik für Zahn-Mund- und Kieferkrankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

---

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VERSCHIEDENER MODELLMATERIALIEN AUF IHRE EIGNUNG IN DER INLAYTECHNIK

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
dem Fachbereich Medizin vorgelegt von

Barbara Elvine Broeder-Steffan
aus Wiesbaden

Mainz
1984

Dekan	: Prof.Dr.Dr.W.Ketterl
1. Gutachter	: Prof.Dr. F.Lampert
2. Gutachter	: Prof.Dr.Dr.W.Ketterl

Tag der Promotion: 13.02.1985

Meinen Eltern und Schwiegereltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Fragestellung	1
2.	Literaturübersicht	2
2.1.	Modellmaterialien	2
2.2.	Abformmaterial	7
3.	Eigene Untersuchungen	9
3.1.	Versuchsaufbau	9
3.2.	Prüfkörper	10
3.3.	Herstellung der Stumpfmodelle	13
3.4.	Verarbeitung der Stumpfmaterialien	15
3.5.	Vermessung der Stumpfmodelle	17
4.	Ergebnisse	25
5.	Auswertung der Ergebnisse	32
6.	Diskussion der Ergebnisse	35
7.	Zusammenfassung	43
8.	Literaturverzeichnis	44

1. Einleitung und Fragestellung

Viele Schritte sind nötig, die vom präparierten Zahn zum passenden Gußstück führen. Die wichtigsten Phasen sind Abformung, Modellherstellung, Isolation, Wachsmodelation, Einbettung und Guß. Jeder Schritt birgt material-, sowie verarbeitungsbedingte Fehlerquellen, die eine dimensions- und detailgetreue Wiedergabe der Präparation im Positiv und Negativ erschweren.
Gegenstand dieser Arbeit ist es verschiedene Stumpfmaterialien auf ihre Reproduktionsgenauigkeit zu prüfen und ihre Eignung zur Anwendung in der Inlaytechnik zu beurteilen.

2. Literaturübersicht

2.1. Modellmaterialien

Bereits 1770 wurde Gips zur Herstellung von Zahnmodellen durch den Hofarzt Friedrichs des Großen, Philipp Pfaff, verwand.
Heute gibt es zur Stumpfherstellung Hartgipse extrahart, Kunststoffe, Modellzemente und Amalgame.
Folgende Eigenschaften der Werkstoffe bestimmen die Genauigkeit der Modelle:

1. Verträglichkeit mit dem Abformmaterial
2. Dimensionsstabilität
3. Detailwiedergabe
4. Kantenfestigkeit

Untersuchungen über verschiedene Abformmaterial-Modellwerkstoff-Kombinationen zeigen, daß durch die Verträglichkeit der Materialien ein wesentlicher Einfluß auf dimensions- und detailgetreue Wiedergabe genommen wird. (12,30,32)
Die Grenzflächen der Materialien müssen sich, in chemischer sowie mechanischer Hinsicht, gegeneinander neutral verhalten. Druck- und Zugbeanspruchungen beim Abziehen oder Stopfen bzw. Ausfüllen der Abformung müssen so gering wie möglich gehalten werden. Verzerrungen sind auch die Folge der unterschiedlichen Schichtdicken des Abformmateriales und dem damit verbundenen elastischen Wiederstandes bei eventueller Expansion des Modellmaterials.
Das Volumenverhalten von Werkstoffen zur Modellherstellung und Abformmaterial muß aufeinander abgestimmt sein, sodaß sich Formveränderungen kompensieren (12,19,30).

Stümpfe aus Modellzement sind zunächst sehr hart, werden aber infolge von Langzeitschrumpfung brüchig. Volumentreue und Wiedergabegenauigkeit sind ungenügend. Die Modelle geben das Original zu klein wieder, das Oberflächenprofil ist verzerrt und weist Rißbildung auf (1,13,18,19).
Nach Angabe von GODT (14) genügt Modellzement, nach 6-stündiger Lagerung der Modelle in Wasser, den Modellanforderungen, wohingegen RITZE (28) Härteprüfungen abbrach, da die Prüfkörper mit starken Rissen durchsetzt waren.
Bei den Modellamalgamen sind die lange Herstellungsdauer, Aushärtung ca. 10 Stunden, und die chemische Verbindung mit Edelmetallegierungen, die zu Korrosion und zu Verfärbungen führen kann, als Nachteil zu bewerten (2,18,19).
Mit der Einführung der Silikonabformwerkstoffe und anderer elastomerer Massen ist die Eignung der Amalgame und Zemente stark eingeschränkt. Das Fließvermögen beider Werkstoffe ist schlecht, sie müssen in die Hohlform mit Druck eingebracht werden, wobei es zu Verzerrungen und Verletzungen des Abdrucks kommt (2,18,40).
Bei der Herstellung von Einzelstumpfmodellen kommen überwiegend Gipse extrahart (8,24,29) und Kunststoffe zur Anwendung.
Typ IV nach DIN 13911 der Gipse besteht aus modifiziertem α-Halbhydrat, das im Naßbrennverfahren durch Erhitzen auf über 130° C in wäßriger Kalzium- oder Magnesiumchloridlösung entsteht.
Modellkunststoffe sind Autopolimerisate auf PMMA-Basis, Epoxiharze oder Epiminkunststoffe (19).

Die Dimensionsstabilität der Hartgipse ist größer als die der Kunststoffe (6,18,23).
Die bis jetzt vorliegenden Ergenisse von Untersuchungen zur Wiedergabegenauigkeit der Oberflächen sind zum Teil widersprüchlich (6,12,20).
Die Kantenfestigkeit eines Materials wird bestimmt durch Biegefestigkeit, Abriebfestigkeit und Druckfestigkeit (3).
Die Härte der Modelle ist von Bedeutung für Formveränderungen durch die mechanische Beanspruchung bei der Herstellung eines zahnärztlichen Werkstückes.
Beim Versuch ein Inlay in eine Kavität zu drücken, ist eine Kraftaufwendung von 20 N anzunehmen, die im günstigsten Fall je zur Hälfte als Biegekraft F auf die Kavitätenwände übertragen wird.
Um ein Abbrechen der Wände zu verhindern, muß nach DERMANN (3) der Modellwerkstoff eine Biegefestigkeit von 20 N/mm^2 aufweisen.
Für die Modellrechnung wird eine Kavitätenwand mit einer Höhe h=3mm, einer Breite b=4mm und einer Dicke d=1,5mm angenommen.

$$\sigma = \frac{6\,F \cdot h}{d^2\,b} = 20\ N/mm^2$$

Ist der Elastizitätsmodul eines Materials niedrig ist es z.B. möglich ein Gußstück trotz Gußperle einzupassen, da die Biegefestigkeit zu gering ist und die Kavitätenwände auseinanderweichen ohne zu brechen. Je höher also der Elastizitätsmodul und die Biegefestigkeit eines Werkstoffes, um so besser ist die Kontrolle der Paßgenauigkeit eines Gußstückes (3).
Abriebkräfte treten beim Modellieren und Einpassen eines zahnärztlichen Werkstückes auf. Um Beschädigungen so gering wie möglich zu halten, sollte an Rändern und Kanten das Wachs nur

durch Schmelzen modelliert werden. Auf Grund einer nicht ausreichenden Abriebfestigkeit, muß man mit leichten Modellveränderungen rechnen (33).

Die Druckfestigkeit eines Modells ist von Bedeutung beim Einpressen von Kunststoff und bei der Druckpolymerisation von Prothesen.

In Hinsicht auf Biege- und Abriebfestigkeit sind Kunststoffe den Hartgipsen überlegen, wie DERMANN (3) VIOHL (33) und LENZ (21) durch ihre Untersuchungen übereinstimmend bestätigen. Jedoch genügen die Modellgipse mit Biegesteifigkeitswerten um 20 N/mm^2 und Abriebtiefen von 10 μm bei schonender Bearbeitung den Anforderungen (3,33).

Durch verschiedene Maßnahmen in der Verarbeitung, wie mechanisches Mischen unter Vakuum, die Verwendung von Trimmerwasser, Variationen des Mischungsverhältnisses und der Anmischzeit, werden Abbindezeit, Expansionsverhalten und Härte der Gipse beeinflußt. Während der Aushärtung sollen die Modelle auf Grund des Sedimentationsverhaltens der Kristalle nicht gestürzt werden, da sonst die Oberfläche ungenauer und weniger hart wird (8,10,39). Härtemessungen an der Oberfläche und der Unterseite von Spezialhartgipsmodellen von GREULICH (15) bestätigen diese Aussage.

Durch galvanische Beschichtung von Abformungen mit Kupfer, Silber oder Nickel werden Modelle, die sich durch hohe Oberflächenhärte, Kantenfestigkeit und scharfe Detailreproduktion auszeichnen, gewonnen (2,5,12,16,18,20). Die Verkupferung ist das älteste dieser Verfahren. Die galvanische Versilberung besitzt den Vorteil des geringeren Zeitaufwandes gegenüber der Verkupferung (18). GUTOWSKI (16) empfiehlt die Vernickelung und verweist auf die größeren Härtewerte, die gegenüber der Verkupferung 6-mal, bei Versilberung 5-mal so hoch liegen.

Der Zeitpunkt der Weiterverarbeitung ist abhängig von den Eigenschaften des Abformwerkstoffes. Hydrokolloide, Agar-Agar-Massen und Alginate sind sofort nach der Entfernung aus dem Mund auszugießen, da diese Massen durch Synerese und Quellung ein instabiles Dimensionsverhalten aufweisen (8).
Elastomere Abformungen sollten frühestens nach 30 Minuten weiter verarbeitet werden, um die temperaturbedingte Expansion und Kontraktion sowie die Entspannungsvorgänge dieser Materialien zu berücksichtigen. Eine thermische Kontraktion zeigen alle Elastomermaterialien auf die Temperaturdifferenz Mund-Raum. Dies führt zur Empfehlung von Mc LEAN und SCHWINDLING die Abformung mit 32° C warmen Wasser auszuspülen und ebenso temperierten Gipsbrei auszugießen (8).
Um die Fehlerquelle Abformung bei der Herstellung der Stumpfmodelle für alle Körper gleich zu halten und als statischen Fehler in die Untersuchung eingehen zu lassen, wurde darauf verzichtet mehrere Abformaterialien in die Betrachtung mit einzubeziehen.
So betreffen die gewonnenen Ergebnisse ausschließlich die verwendeten Stumpfmaterialien, in Abhängigkeit von einer Abformtechnik und einem Abformmaterial.

Zur Anwendung kam Impregum der Firma ESPE, ein Polyäthergummi mit hoher elastischer Rückstellkraft (19).

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Versuchsaufbau

Zur Überprüfung der Reproduktionsgenauigkeit und Verarbeitungseigenschaften wurden Prüfkörper aus verschiedenen Stumpfmaterialien hergestellt.
Diese wurden mit Hilfe eines Meßmikroskopes vermessen und einer optischen Beurteilung unterzogen.

3.2. Prüfkörper

Das Hauptproblem bestand darin, eine Form zu finden, die zum einen eine Inlaypräparation schematisch wiedergibt, zum anderen die spezielle Anatomie eines Zahnes berücksichtigt und dennoch leicht durch Vermessung erfasst werden kann.
Nach verschiedenen Versuchen erwies sich eine Kugel als geeigneter Ausgangskörper. Im Hinblick auf ausreichende Härte und Kantenstabilität wurde als Material ein V_2 A-Stahl ausgewählt. Der Kugeldurchmesser betrug 15 mm. Zur Darstellung der occlusalen Fläche eines Zahnes wurde 3 mm vom Kugelmittelpunkt entfernt eine plane Fläche mit dem Durchmesser 14 mm geschaffen. Senkrecht hierzu wurden der Scheibenschnittpräparation entsprechende, parallel zueinander liegende "approximale" Flächen hergestellt mit einem Durchmesser von 9 mm. Die occlusalen und approximalen Kästen einer Inlaypräparation finden ihre schematische Darstellung durch entsprechende Fräsungen im Bereich der vorhandenen Flächen.
Die entstehenden Flächen stehen senkrecht zueinander. Der Boden des occlusalen Kastens liegt auf Höhe des ehemaligen Kugelmittelpunktes, daraus ergibt sich eine Kastentiefe von 3 mm. Die Böden der approximalen Kästen ließen sich aus herstellungstechnischen Gründen nur als Rundungen darstellen, wobei der tiefste Punkt 3 mm vom Durchmesser der Ausgangskugel entfernt ist. Die Breite aller Kästen beträgt 4 mm.
Um den Körper sicher auf einer Unterlage plazieren zu können, erfolgte ein weiterer Planschliff parallel zur "occlusalen" Fläche des Präparationsmodelles.
Die nun noch vorhandenen Rundungen des Ausgangskörpers simulieren die unter sich gehenden Bereiche des natürlichen Vorbildes.

Prüfkörper von occlusal und approximal betrachtet

Es entstand somit ein Prüfkörper, der

a. eine MOD-Inlaypräparation mit Scheibenschnitt schematisch wiedergibt,

b. durch seine geometrische Form keine meßtechnischem Probleme birgt

c. der Anatomie des Zahnes Rechnung trägt.

Prüfkörper von occlusal gesehen

4. Herstellung der Stumpfmodelle

Die Abformung des Prüfkörpers erfolgte durch eine Ringabformung mit einem Messingring und dem Material Impregum. Der Ring wurde so konturiert, daß er die unter sich gehenden Bereiche in der Umgebung der Präparationsgrenze erfasst, jedoch die starken Rundungen "lingual, palatinal" und "buccal", die zu unnötigen Verformungen der Abformung geführt hätten, ausließ.
Zur besseren Haftung des Materials an der Ringwand wurde Impregum-Adhesive verwendet. Das Mischungsverhältnis wurde so festgelegt, daß immer gleiche Stranglängen Impregum-Paste und Impregum-Härter verwendet wurden. Das Anmischen erfolgte bei gleichbleibender Raumtemperatur in der vom Hersteller empfohlenen Zeit von 45 Sekunden. Um das Abformmaterial zu applizieren wurde eine Impregumspritze benutzt. Der materialgefüllte Messingring wurde dann über den Körper gestülpt.
Um den Ring bei jeder Abformung gleich zu plazieren, wurden der Prüfkörper und der Ring markiert.
Nach der Aushärtung des Materiales wurde die Abformung möglichst in senkrechter Richtung zum Prüfkörper entfernt, um die Verzerrung der entstandenen Form gering zu halten (8).
Die bei der Ringabformtechnik zur Verlängerung des Stumpfes notwendige Wachsmanschette wurde mit einer Höhe von 5 mm angelegt.

Das Anrühren und Mischen der einzelnen Stumpfmaterialien erfolgte nach den Empfehlungen der Hersteller. Mit Hilfe eines Rüttlers wurden die Werkstoffe in die Abformungen eingebracht. Nach totaler Aushärtung der Materialien wurde Modell und Form möglichst schonend getrennt.
In dem durch das Anlegen der Wachsmanschette entstandenen Sockel wurde zur vermessungstechnisch notwendigen Fixierung am Objekttisch, ein Dowelpin mit Hilfe eines Klebers befestigt.
Auf diese Weise wurden pro Stumpfmaterial 5 Modelle angefertigt.

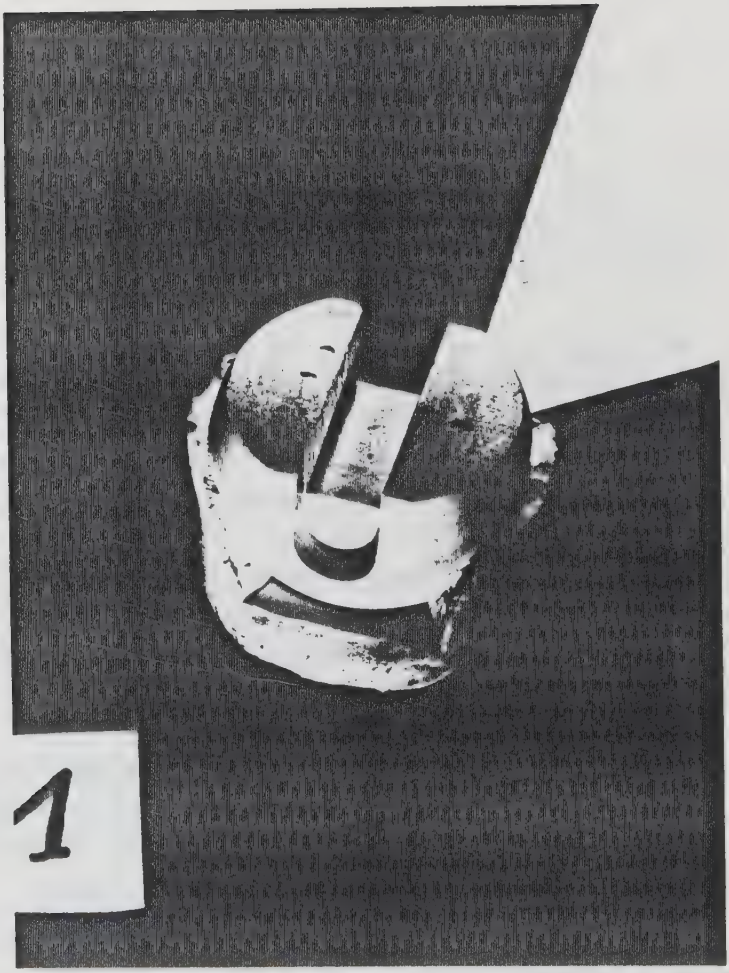
3.4. Verarbeitung der Stumpfmaterialien

Die Verarbeitung der Stumpfmaterialien ließ Eigenschaften erkennen, die die Präzision der Modelle beeinflussen.
Die beiden Materialgruppen Hartgipse extrahart und Kunststoffe unterscheiden sich im Fließvermögen und Standvermögen. Beim Fließvermögen unterscheidet man zwischen Eigenfließen und Fließen unter mechanischer Vibration (19).
Wird bei den Stonegipsen durch das erforderliche Mischungsverhältnis eine zäh-sahnige Konsistenz, die bereits ein eigenes Stehvermögen zeigt, angerührt, fließen bei der Anwendung eines Rüttlers Formfeinheiten aus, Lufteinschlüsse können gut entweichen.
Anders bei den Kunststoffen, deren Eigenfließvermögen zwar hoch ist, es aber trotz mechanischer Erschütterung schwierig ist ein Nichtausfließen durch Lufteinschluß zu vermeiden (40).
Nach der mikroskopischen Betrachtung der Stumpfmodelle konnte festgestellt werden, daß das Feinprofil des Prüfkörpers, entstanden durch die Bearbeitung der Metalloberfläche, durch die Stonegipse Begolith und Twestone präziser wiedergegeben wurden als durch die Kunststoffstümpfe.
Die Spitzen der Prüfkörper, die durch Aneinanderstoßen der Occlusalflächen, der Scheiben und der senkrechten Wände der occlusalen bzw. approximalen Kästen gebildet werden, wurden von keinem Material vollständig ausgefüllt
Auf Grund des besseren Fließvermögens von Gips erwies sich dieser auch hier als günstigeres Material. Die Ungenauigkeiten der Gipsmodelle ließen sich teilweise nur mikroskopisch feststellen, wohingegen das bloße Auge ausreichte,

um Luftblasen an den Kunststoffstümpfen festzustellen.
Alle drei verwendeten Kunststoffmaterialien sind Zwei-Komponenten-Systeme.
Diemet ist ein Pulver-Flüssigkeits-System, bei Jelenko werden zwei zähe Flüssigkeiten miteinander vermischt, bei Impredur handelt es sich um prädosierte Paste und Katalysatorflüssigkeit.
Das Impredur-System erwies sich in der Verarbeitung als sehr aufwendig. Es ist eine Neutralisation der Abformung, durch eine mitgelieferte Flüssigkeit nötig. Außerdem erfolgt eine Ausstäubung der Abformung mit Silberpulver, das sich in der Abbindephase mit dem Modellmaterial verbinden soll. Oft bleibt jedoch ein feiner Rest zurück, wodurch es zu Ungenauigkeiten am Stumpfmodell kommt. Das Modell muß spätestens 2 Stunden nach Herstellung aus seiner Hohlform entnommen werden, da es sonst zu einer starken Haftung zwischen Abformmaterial und Impredur kommt. Eine Trennung beider Teile ist dann sehr mühsam und eine Veränderung an der Stumpfoberfläche scheint unvermeidlich.
Ein Nachteil aller Kunststoffmaterialien ist ihre Klebrigkeit in nicht abgebundenem Zustand und die damit verbundene schwierige Reinigung der benutzten Instrumente. Der Versuch das Material nach Herstellerempfehlung mit Spritzen zu applizieren, führte zu deren Unbrauchbarkeit.

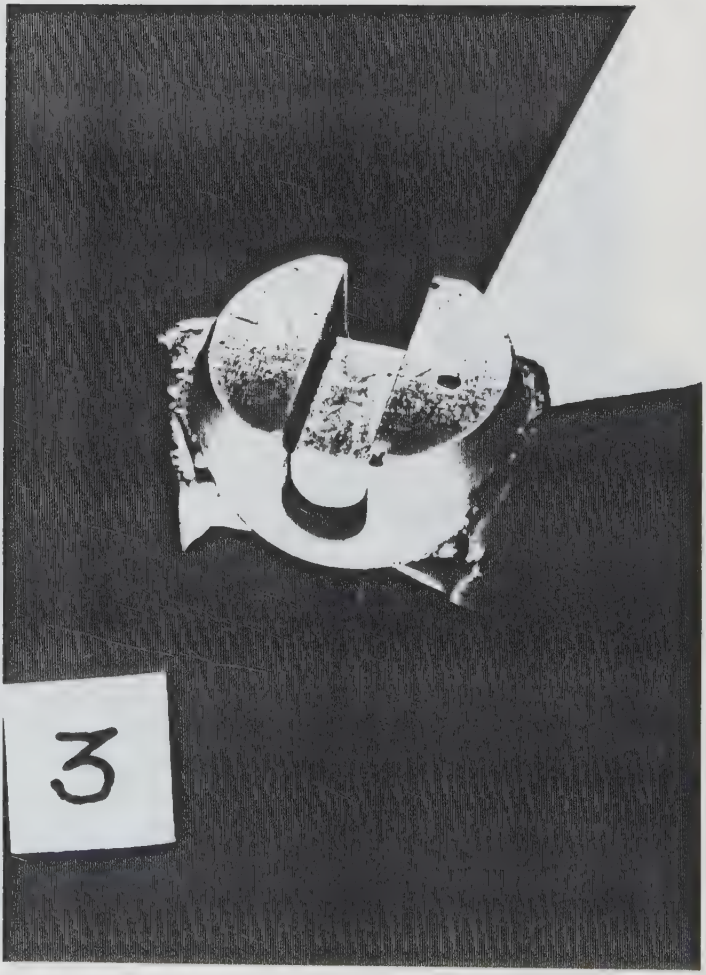
3.5. Vermessung der Stumpfmodelle

Die fotografische Darstellung der Modellstümpfe erweist sich als sehr schwierig.
Das erste Problem besteht in der Erzielung einer ausreichenden Tiefenschärfe, um auch die distalen Kanten des Körpers scharf zu zeigen und das zweite Problem in der geeigneten Beleuchtung, um das Oberflächenrelief deutlich zu machen.
Da allerdings Gips eine matte Oberfläche hat, ist die Wiedergabe der Strukturen der Modelle aus diesem Material nicht so gut gelungen wie die der reflektierenden Kunststoffstümpfe.
Die weißen Twestonestümpfe mußten farblich verändert werden, da sonst eine Unterscheidung der Flächen unter dem Mikroskop nicht möglich war, was jedoch wiederum zu einer negativen Beeinflussung der Bildqualität führt.

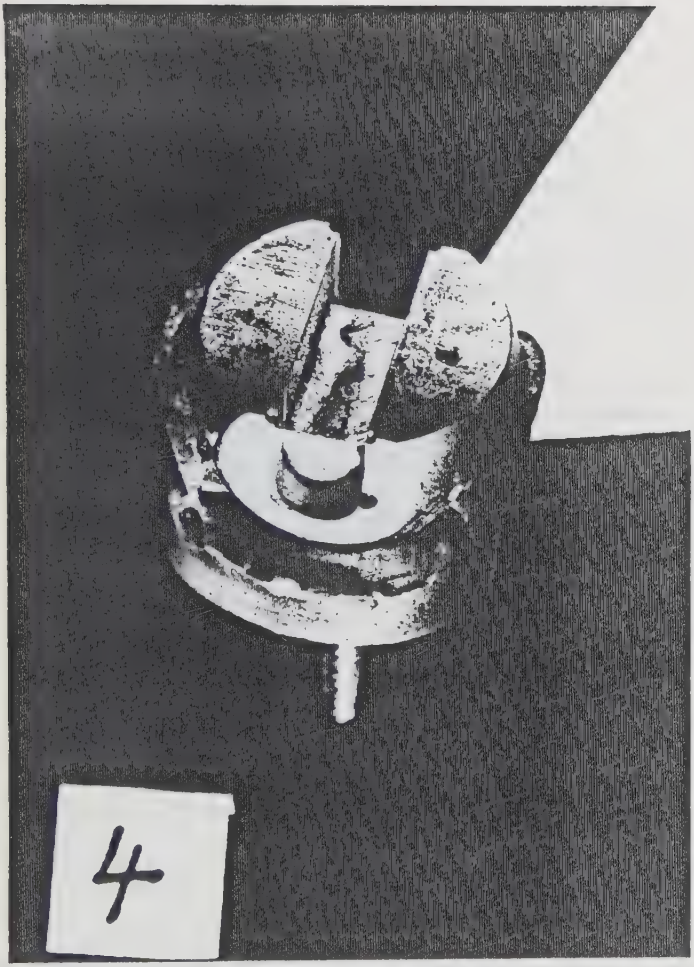


Modellstumpf aus Begolith

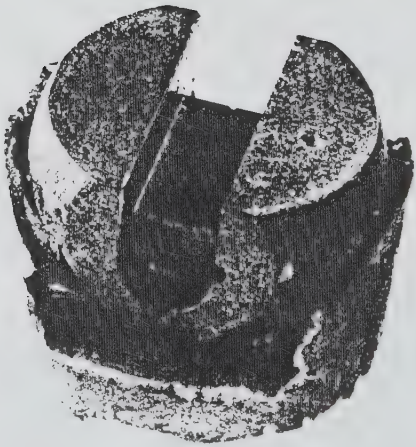
Modellstumpf aus Twestone



Modellstumpf aus Jelenko



Modellstumpf aus Impredur



Modellstumpf aus Diemet

Nach 24-stündiger Lagerung (8) der Modelle erfolgte die Vermessung mit Hilfe eines digitalen Meßmikroskopes (20), Carl Zeiss Typ WMM 100/50. Die Meßgenauigkeit des Gerätes liegt in einem Bereich von $\pm$ 1μm. Das verwandte Objektiv bewirkte eine 1,5-fache Vergrößerung des zu betrachtenden Körpers.

Die Stümpfe wurden auf einer dreidimensional schwenkbaren Einspannvorrichtung fixiert. Dies erlaubt, durch die senkrecht zueinander stehenden Bewegungsachsen, die zu vermessenden Flächen horizontal zur Meßebene im Mikroskop auszurichten.

Zur Vermessung der Modelle wurden die folgenden elf Strecken ausgewählt:

1. Länge der occlusalen Fläche von einer Scheibe zur anderen, 1mm von der Kante des Kastens entfernt gemessen
2. Länge des Kastenbodens
   a) 1 mm von der Kastenwand entfernt
   b) 1 mm von der gegenüberliegenden Kastenwand entfernt
3. Breite des occlusalen Kastens
   a) 1 mm von der Scheibe entfernt
   b) 6 mm von der Scheibe entfernt
4. Länge einer Scheibe
   a) 1 mm rechts vom approximalen Kasten
   b) 1 mm links vom approximalen Kasten

5. Breite der Scheibe
   a) Durchmesser parallel zum Kastenboden
   b) 3 mm unterhalb des Durchmessers, ebenfalls parallel zum Kastenboden
6. Breite des approximalen Kastens in Höhe des occlusalen Kastenbodens
7. Radius der Scheibe senkrecht zum Kastenboden gemessen

Um eine Verwechslung der analogen Flächen zu vermeiden, wurde die occlusale Fläche mit einer Markierung versehen. Während der Messung war diese immer dem Betrachter zugewandt, sodaß eine eindeutige Zuordnung vorgenommen werden konnte und an jedem Prüfkörper immer die sich entsprechenden Strecken zur Vermessung kamen.
Die einzelnen Strecken wurden mit Hilfe eines im Objektiv befindlichen Rasters manuell fünfmal abgefahren und gemessen.

4. Ergebnisse

Für jedes Stumpfmodell wurde eine Tabelle angefertigt, die die Mittelwerte aus den fünf Messungen pro Strecke und die Standardabweichung aufzeigen.
Der Ur-Prüfkörper wurde ebenso wie seine Modelle vermessen und die erhaltenen Werte tabellarisch erfaßt.

Tabelle I: Ur-Prüfkörper Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standartabweichung s

	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
$\bar{x}$	11,930	7,856	7,870	4,032	4,032	6,622	6,416	9,052	6,758	4,000	4,518
s	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,004	0,001	0,001	0,000	0,002

Tabelle II: Diemet-Stumpfmodelle I-V Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standartabweichung s

		1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
I	$\bar{x}$	11,791	7,759	7,760	4,058	4,054	6,567	6,306	9,000	6,582	4,044	4,380
	s	0,005	0,002	0,001	0,002	0,000	0,002	0,003	0,002	0,003	0,000	0,002
II	$\bar{x}$	11,818	7,792	7,792	4,044	4,048	6,394	6,304	9,000	6,240	4,000	4,262
	s	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
III	$\bar{x}$	11,786	7,758	7,758	4,040	4,030	6,356	6,294	9,000	6,480	4,042	4,334
	s	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002
IV	$\bar{x}$	11,802	7,763	7,774	4,066	4,066	6,534	6,326	9,000	6,510	4,020	4,324
	s	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,004	0,002	0,003
V	$\bar{x}$	11,808	7,814	7,768	4,060	4,066	6,462	6,238	8,960	6,480	4,000	4,390
	s	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,002	0,002	0,000	0,002

Tabelle III: Jelenko-Stumpfmodelle I-V Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standartabweichung s

		1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
I	$\bar{x}$	11,911	7,858	7,856	4,009	4,009	6,542	6,420	9,039	6,881	3,995	4,557
	s	0,001	0,002	0,002	0,005	0,005	0,004	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
II	$\bar{x}$	11,912	7,859	7,866	4,007	4,009	6,590	6,436	9,054	6,710	4,000	4,456
	s	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,000	0,003	0,001	0,003	0,000	0,001
III	$\bar{x}$	11,904	7,848	7,855	4,006	4,008	6,554	6,388	9,044	6,612	4,000	4,444
	s	0,002	0,001	0,001	0,001	0,008	0,005	0,003	0,001	0,002	0,000	0,003
IV	$\bar{x}$	11,900	7,867	7,869	4,000	4,000	6,585	6,428	9,040	6,774	4,000	4,470
	s	0,004	0,001	0,002	0,004	0,003	0,013	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002
V	$\bar{x}$	11,933	7,869	7,867	4,002	4,000	6,614	6,422	9,054	6,778	4,000	4,518
	s	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,004	0,003	0,001	0,005	0,002	0,001

Tabelle IV: Impredur-Stumpfmodelle I-V Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standartabweichung s

		1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
I	$\bar{x}$	11,882	7,814	7,838	4,036	4,036	6,474	6,270	9,014	6,552	4,000	4,370
	s	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,004
II	$\bar{x}$	11,878	7,804	7,814	4,068	4,056	6,478	6,248	9,000	6,618	4,000	4,466
	s	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,004	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002
III	$\bar{x}$	11,824	7,776	7,798	4,000	4,044	6,550	6,356	9,050	6,722	4,000	4,492
	s	0,003	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,005	0,002	0,003	0,001	0,001
IV	$\bar{x}$	11,864	7,802	7,810	4,060	4,060	6,540	6,250	9,000	6,600	4,000	4,426
	s	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,004	0,003	0,002	0,001	0,000	0,003
V	$\bar{x}$	11,874	7,830	7,826	4,040	4,034	6,484	6,260	9,016	6,744	4,000	4,426
	s	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,002

Tabelle V: Begolith - Stumpfmodelle I - V Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standartabweichung s

		1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
I	$\bar{x}$	11,934	7,902	7,906	3,955	3,976	6,664	6,504	9,000	7,000	3,968	4,500
	s	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000
II	$\bar{x}$	11,942	7,900	7,902	4,000	4,000	6,644	6,504	9,028	6,972	3,986	4,650
	s	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,004
III	$\bar{x}$	11,934	7,896	7,906	4,000	4,000	6,644	6,494	9,024	6,860	3,978	4,508
	s	0,002	0,003	0,001	0,002	0,000	0,003	0,004	0,002	0,001	0,002	0,001
IV	$\bar{x}$	11,934	7,904	7,904	4,000	4,000	6,664	6,482	9,028	6,924	3,996	4,554
	s	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,002	0,005	0,001	0,002	0,002	0,001
V	$\bar{x}$	11,948	7,894	7,902	4,000	4,000	6,664	6,480	9,030	6,900	4,000	4,538
	s	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,003	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002

Tabelle VI: Twestone - Stumpfmodelle I - V Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standardabweichung s

		1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
I	$\bar{x}$	11,934	7,860	7,874	4,018	4,017	6,605	6,445	9,053	6,600	4,000	4,562
	s	0,004	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003	0,002	0,000	0,001
II	$\bar{x}$	11,936	7,876	7,870	4,000	4,032	6,510	6,374	9,000	6,450	4,000	4,216
	s	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002
III	$\bar{x}$	11,944	7,874	7,880	4,018	4,038	6,504	6,363	9,015	6,424	4,000	4,296
	s	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001
IV	$\bar{x}$	11,932	7,854	7,870	4,020	4,036	6,578	6,424	9,000	6,422	4,000	4,394
	s	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,005
V	$\bar{x}$	11,934	7,874	7,886	4,012	4,036	6,582	6,420	9,000	6,426	4,000	4,386
	s	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,003

Tabelle VII: Mittelwerte $\bar{x}$ [mm] und Standardabweichung aus je fünf Stumpfmodellen pro Stumpfmaterial

		1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
Diemet	$\bar{x}$	11,801	7,772	7,770	4,054	4,053	6,463	6,294	8,992	6,458	4,021	4,338
	s	0,011	0,013	0,012	0,010	0,013	0,080	0,029	0,016	0,115	0,019	0,046
Jelenko	$\bar{x}$	11,912	7,860	7,862	4,005	4,005	6,577	6,420	9,047	6,751	4,000	4,482
	s	0,011	0,007	0,006	0,003	0,004	0,026	0,016	0,007	0,088	0,002	0,044
Impredur	$\bar{x}$	11,684	7,805	7,817	4,040	4,046	6,505	6,266	9,016	6,647	4,000	4,436
	s	0,021	0,018	0,014	0,023	0,010	0,033	0,040	0,018	0,074	0,000	0,041
Begolith	$\bar{x}$	11,938	7,899	7,904	3,980	3,988	6,655	6,493	9,022	6,931	3,986	4,553
	s	0,006	0,004	0,002	0,022	0,009	0,009	0,010	0,011	0,050	0,012	0,060
Twestone	$\bar{x}$	11,936	7,868	7,876	4,014	4,032	6,556	6,405	9,014	6,464	4,000	4,371
	s	0,004	0,009	0,006	0,007	0,007	0,040	0,031	0,020	0,068	0,000	0,116

5. Auswertung der Ergebnisse

Zur Auswertung der Meßergebnisse wurde eine Differenztabelle nach folgendem Prinzip erstellt: Die Mittelwerte des Urprüfkörpers wurden von den Mittelwerten von fünf Modellstümpfen pro Stumpfmaterial subtrahiert. Die so erhaltenen Zahlen lassen nun eine Aussage über die Abweichungen der Modellstümpfe gegenüber dem Urprüfkörper zu. Die positiven Werte zeigen eine Vergrößerung, die negativen Werte eine Verkleinerung der vermessenen Strecken gegenüber dem Original auf.

1. Diemet

   Es läßt sich feststellen, daß alle Strecken, die die Breite der Kavität beschreiben, positive Werte aufzeigen, das heißt also die Hohlform des Stumpfmodelles ist um 0,531% größer als die des Originales. Die Strecken, die über Flächen verlaufen tragen alle ein negatives Vorzeigen, sind also verkleinert wiedergegeben. Die Verkleinerung beträgt durchschnittlich 1,832%.

2. Jelenko

   Stumpfmodelle aus Jelenko sind in der Kavität sowie in den anderen Bereichen verkleinert. Ausnahme sind die Strecken 2a und 4b, die eine Verlängerung von 0,004mm erfahren haben. Dies sind 0,056% der Originalstrecken.

3. Impredur

   Impredur zeigt das gleiche Wiedergabeverhalten wie Diemet, wobei der Stumpf durchschnittlich um 1,418%

verkleinert, die Kavität um 0,272% vergrößert ist.

4. Begolith

Beim synthetischen Gips Begolith findet man das Ausdehnungsverhalten genau umgekehrt wie bei Diemet und Impredur. Durch die Expansion des Stumpfmateriales kommt es zu einer Verengung des Kavitätenlumens um etwa 1,190%. Die Verbreiterung der Flächen beträgt etwa 0,934%. Eine Ausnahme bildet der Wert 5a, Durchmesser der Scheibe, er ist um 0,030mm kürzer als die Originalstrecke. Dies entspricht einer Kontraktion von 0,331%.

5. Twestone

Für die Messtrecken 1, 2a, 2b ist eine Expansion von durchschnittlich 0,084% und für die Kavität eine Verengung um 0,446% zu verzeichnen. Alle Messstrecken der Scheibe weisen eine Verkürzung um durchschnittlich 1,836% im Vergleich zum Originalprüfkörper auf.

Tabelle VIII: Differenztabelle

	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
Diemet	-0,129	-0,084	-0,100	0,022	0,021	-0,159	-0,122	-0,060	-0,300	0,021	-0,180
Jelenko	-0,018	0,004	-0,008	-0,027	-0,027	-0,045	0,004	-0,005	-0,007	0,000	-0,036
Impredur	-0,246	-0,051	-0,053	0,008	0,014	-0,117	-0,150	-0,036	-0,111	0,000	-0,082
Begolith	0,008	0,043	0,070	-0,052	-0,044	0,033	0,077	-0,030	0,173	-0,014	0,035
Twestone	0,006	0,012	0,006	-0,018	0,000	-0,066	-0,011	-0,038	-0,294	0,000	-0,147

Tabelle IX: Prozentuale Abweichung vom Original

	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7
Diemet	-1,081	-1,069	-1,270	0,546	0,521	-2,401	-1,901	-0,663	-4,439	0,525	-3,984
Jelenko	-0,150	0,051	-0,102	-0,669	-0,669	-0,679	0,026	-0,055	-0,103	0,000	0,797
Impredur	-2,026	-0,649	-0,673	0,198	0,347	-1,766	-2,338	-0,398	-1,642	0,000	-1,815
Begolith	0,067	0,547	0,889	-1,290	-1,091	0,498	1,200	-0,331	2,560	-0,350	0,775
Twestone	0,050	0,153	0,076	-0,446	0,000	-0,996	-0,171	-0,420	-4,350	0,000	-3,254

	Diemet		Jelenko		Impredur		Begolith		Twestone	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Vergrößerung gesamt	0,531%	0,010%	0,056%	0,005%	0,272%	0,074%	0,934%	0,740%	0,093%	0,044%
Verkleinerung gesamt	1,832%	1,192%	0,365%	0,306%	1,418%	0,687%	0,765%	0,430%	1,606%	1,603%

6. Diskussion

Es wurden fünf Stumpfmaterialien auf ihre Eignung und Verwendungsmöglichkeit in der Inlaytechnik untersucht. Dazu wurde ein spezieller Prüfkörper entwickelt. Durch die Verwendung einer Kugel als Ausgangsform konnte der Anatomie eines Molaren weitestgehend Rechnung getragen werden. Die bei der Abformung einer Inlaypräparation vorliegenden Bedingungen konnten somit praxisnah simuliert werden. Der Körper stellt eine schematisierte MOD-Inlaypräparation mit Scheibenschnitt dar. Die Abformung des Prüfkörpers erfolgte mittels der Ringtechnik. Als Abformmaterial wurde der Polyäthergummi Impregum (ESPE) verwand. Als Modellmaterialien wurden drei Kunststoffe, Diemet (ERKODENT), Jelenko (JELENKO) und Impredur (ESPE), und zwei synthetische Gipse, Begolith (BEGO) und Twestone (KETTENBACH) gewählt.
Durch Vermessung der gewonnenen Stumpfmodelle wurde es möglich Aussagen über die Materialeigenschaften zu treffen.
Die Verarbeitung erfolgte nach Herstellerangaben bei Raumtemperatur. Das Einbringen der Materialien in die Hohlform erfolgte mit Hilfe eines Rüttlers. Zusätzlich kam bei Impredur eine Applikationsspritze zur Anwendung. Auf diese Weise wurden pro Material fünf Modelle angefertigt. Nach 24-stündiger Lagerung wurden die Stümpfe mit einem Meßmikroskop vermessen, wozu elf Strecken, die für eine Inlaypräparation repräsentativ sind, ausgesucht wurden. Nach fünfmaliger Messung jeder Strecke

wurde ihr arithmetisches Mittel $\bar{x}$ gebildet und mit der Standartabweichung s in den Tabellen II - VI festgehalten. Tabelle VII zeigt die Mittelwerte und Standartabweichungen der Strecken von je fünf Modellen pro Stumpfmaterial.
Als Vergleichs- und Ausgangswerte wurden in Tabelle I die Maße des Originals festgehalten.
Zusätzlich erlaubte das Meßmikroskop eine optische Beurteilung der Modelle bei 1,5-facher Vergrößerung.
Hieraus ergab sich, daß die Feinprofilwiedergabe (6,12,20) durch die synthetischen Gipse viel deutlicher ist, als durch die Kunststoffmaterialien (1,20). Bei den Gipsen schnitt in diesem Punkt Begolith besser ab als Twestone. Die Feinprofilwiedergabe ist von Bedeutung für das Erkennen der Präparationsgrenzen im Bereich des Federrandes und der Scheiben.
Bei der Verarbeitung der Modellmaterialien fällt das unterschiedliche Fließverhalten der Werkstoffgruppen auf. Das bessere Fließvermögen bei mechanischer Vibration zeigen die Stone-Gipse. Lufteinschlüsse und dadurch Nichtausfließen im Bereich der scharf rechtwinkligen Kanten sind bei den Kunststoffmodellen häufiger und bereits mit dem bloßen Auge erkennbar. Bei mikroskopischer Betrachtung der Gipsstümpfe erkennt man, daß die Ecken am Übergang occlusaler Kasten-Scheibe nie vollständig ausfließen, was zu einer entschärften Wiedergabe des Stumpfes führt und die Paßgenauigkeit des Gußstückes in Frage stellt.
Um diese Fehlerquelle möglichst gering zu halten, sollten durch die Präparation entstehende Kanten speziell der Übergang von Scheibe zu Federrand, immer gebrochen werden. Die präparationsbedingten (4) Winkel sollten gebrochen werden, um die Modell-

herstellung nicht zu erschweren.
Aus messtechnischen Gründen fand dieser Grundsatz beim angewandten Prüfkörper keine Berücksichtigung.
Die komplexe Verarbeitungstechnik Impredurs, sie enthält vier verschiedene Schritte, ist sehr zeitaufwendig. Die Applikationsspritzen für das Material waren nach einmaliger Verwendung nicht mehr zu reinigen und somit unbrauchbar. Die anderen Materialien waren in ihrer Anwendung einfacher und weniger aufwendig.
Zur Auswertung der Messungen wurde eine Differenztabelle erstellt. Hierfür wurden die Messwerte des Originalkörpers von den Durchschnittswerten pro Stumpfmaterial subtrahiert. Die Differenzen sind in Tabelle VIII dargestellt. Diese Absolutwerte finden sich als prozentuale Abweichung von den Originalstrecken in Tabelle IX wieder. Das positive Vorzeichen ist Ausdruck für eine Verlängerung, das negative für eine Verkleinerung der Modellstrecke im Vergleich zum Original.
Allgemein kann gesagt werden, daß die Kunststoffe verkleinerte und die Stonegipse vergrößerte Modelle des Prüfkörpers liefern. In die Messergebnisse gehen die Veränderungen von Abform- und Modellwerkstoff ein. Durch die Standartisierung des Abformverfahrens kann angenommen werden, daß die Ausgangsbedingungen für jedes Modell gleich waren und somit der Abformfehler bei der Interpretation der Ergebnisse vernachlässigt werden kann. Auch sind die Unterschiede zwischen den beiden Stoffgruppen Stonegipse und Kunststoffe so deutlich, daß allgemein gültige Aussagen möglich sind (20,37,38).
Die Dimensionsabweichungen der Modelle hängen auch von der unterschiedlichen Masseverteilung des Stumpfmateriales ab. Dies ist durch die Inlaypräparation bedingt. Es kommt während der Aushärtung zu verschiedenen Werten der Abbindeexpansion

bzw.- kontraktion der Werkstoffe. Einen Einfluß hierauf übt auch der verschieden starke elastische Wiederstand des Abformmateriales in Abhängigkeit der Wandstärke der Form aus (23,27).
Ein MOD-Inlay weist stumpffassende, einer Krone entsprechende, und ausfüllende, einer Füllung entsprechende Merkmale auf.
Der Kronenbereich wird durch die Meßstrecken 1,2a, 2b,4a und 4b erfasst, der Füllungsbereich durch die Strecken 3a, 3b und 6.
Die Strecken 5a, b und 7 umfassen zugleich beide Bereiche.
Die Unterteilung wird durch das Verhalten der Meßwerte bestätigt.
Diemet- und Impredurmodelle geben die Merkmale der Krone verkleinert wieder. Die Differenzen zur Charakterisierung der Füllung tragen ein positives Vorzeichen, das Kastenlumen ist also vergrößert wiedergegeben.
Die Modelle aus Jelenko zeigen keinen solchen Effekt. Die Strecken 2a und 4b sind verlängert, allerdings nur um durchschnittlich 0,056%. Die verkleinerte Wiedergabe beträgt durchschnittlich 0,365%, wobei der Ort der größten Schrumpfung durch die Strecken 3a und 3b, also das Lumen des occlusalen Kastens, gekennzeichnet ist. Die Verkürzung der Strecken 2a und 4b ist so gering, daß sie vernachlässigbar ist.
Danach ist festzustellen, daß Modelle aus Jelenko insgesamt kleiner sind. Modelle aus Diemet geben den Kronenbereich um durchschnittlich 1,832% kleiner, den Füllungsteil um 0,531% größer wieder. Die Verkleinerung bei Impredur beträgt 1,418%, die Vergrößerung 0,272%.
Kennzeichnet die Kontraktion der Kunststoffe das Volumenverhalten der Modelle aus diesen Materialien, so ist die Abbinde-

expansion der Stonegipse ausschlaggebend für die Wiedergabe von Präparationen aus dieser Stoffgruppe.
Die Vergrößerung der Meßstrecken 1, 2a, 2b, 4a und 4b bei den Begolith-Stümpfen beträgt durchschnittlich 0,934%, das Kastenlumen verschmälert sich um 0,765%.
Beim Scheibendurchmesser, Strecke 5a, findet man eine Verschmälerung des Slice-cut von 0,331%.
Twestone-Modelle weisen eine Verlängerung der Strecken 1, 2a und 2b auf. Alle anderen Auswertungsergebnisse kennzeichnen eine verkleinerte Wiedergabe des Prüfkörpers. Occlusal ist der Stumpf um 0,093% breiter, das Kastenlumen um 0,148% und die Scheibe um 1,838% verkleinert wiedergegeben.
Ein originalgetreues Modell ist ein wesentlicher Faktor bei der Herstellung eines Gußstückes. Es hat Einfluß auf die Paßgenauigkeit . Beim Einfügen einer Gußfüllung in die Kavität eines Zahnes handelt es sich technisch um eine Passung. Man unterscheidet generell Spiel-, Übergangs- und Preßpassungen. Bei der Inlaytechnik liegt eine Spielpassung vor. Anzustreben ist eine Spaltbreite von 20 - 30 μm, um die Dicke der Zementschicht zu berücksichtigen. Eine Preßpassung, das heißt das Gußstück läßt sich nur mit Druck in die Kavität einfügen, ist zu vermeiden, damit es nicht zu Spannungen und eventuell zur Sprengung des Zahnes kommt (36).
Bei der Auswahl des geeigneten Stumpfmateriales sind auch die Eigenschaften der Werkstoffe zu bedenken, die in den folgenden Arbeitsgängen zur Anwendung kommen. Kontraktion des Modellierwachses, Abbinde- und thermische Expansion der Einbettmassen und schließlich die Gußkontraktion des Goldes (17,35).

Verkleinert wiedergegebene MOD-Inlaystümpfe lassen ein Gußstück erwarten, das in mesial-distaler Ausdehnung zu eng und im Bereich des Kavitätenlumens zu groß ist. Die Folge ist im besten Fall eine Preßpassung oder gar ein völliger Mißerfolg, weil das Gußstück nicht in situ zu bringen ist oder der Federrand und die Scheibe nicht vollständig abgedeckt werden. Ein korrekter Randabschluß in der Zone der Präparationsgrenze ist jedoch aus karies- und parodontalprophylaktischen Gründen zu fordern. Hieraus ergibt sich, daß die verwendeten Kunststoffe Diemet (ERKODENT), Jelenko (JELENKO) und Impredur (ESPE) nur in Verbindung mit Werkstoffen zum Erfolg führen, die ihre starken Kontraktionseigenschaften ausgleichen.
Die leicht vergrößerten Maße der Modelle aus synthetischem Gips und das verkleinerte Kavitätenlumen bieten eine geeignete Grundlage zur Herstellung von Inlays mit Spielpassung. Eine Verbreiterung der occlusalen Fläche in mesio-distaler Ausdehnung von 0,008mm bei Begolith bzw. 0,006 mm bei Twestone lassen auch den erforderlichen Platz für den Zementspalt erwarten. Eine genügende Schichtdicke für den isolierenden Zement findet sich mit Sicherheit im Bereich der Kavität. Durch die leichte Verbreiterung des Federrandes am Modell sind ein geringer Materialschwund am Grußstück aufgrund von Gußkontraktionen in diesen Zonen nicht so schwerwiegend. Ein Problem stellt die korrekte Abdeckung des Slice-cut durch die Füllung dar. Die Materialexpansion in Richtung auf das Kastenlumen führen bei den Begolith-Stümpfen an der breitesten Stelle der Scheibe zu einer Verschmälerung um 0,03 mm. Nach apical sind solche Einflüße nicht nachzuweisen. Putztechnisch sind jedoch die eventuellen Schwachstellen noch gut zu erreichen.

Weniger günstig ist die auch unterhalb des Durchmessers und in occlusal-apicaler Ausdehnung verkleinerte Scheibe der Twestone-Stümpfe zu bewerten. Ein Inlay, das auf einem solchen Modell hergestellt wird, ist nicht zum Einsetzen geeignet, da interdental freiliegende Präparationsflächen schlecht zu reinigen sind und somit Prädilektionsstellen für Sekundärkaries darstellen.

Aus den vorangegangenen Ausführungen ergibt sich für die Praxis, daß Begolith in der angewendeten Technik ein geeignetes Stumpfmaterial zur Inlayherstellung ist.

Begolith ist auch bei Temperaturschwankungen verhältnismäßig dimensionsstabil, zeigt eine gute mechanische Festigkeit und die Feinprofilwiedergabe ist in Kombination mit Impregum-Abformungen nahezu originalgetreu (1). Die Verarbeitungsweise ist unkompliziert und wirtschaftlich, eine Weiterverarbeitung der Begolithmodelle kann bereits nach einer Stunde vorgenommen werden.

Die anderen Versuchsmaterialien zeigten sich für das angewandte Verfahren als weniger gut geeignet. Es wäre zu prüfen, ob in Kombination mit anderen Abformmaterialien und- verfahren günstigere Ergebnisse, in Hinsicht auf Wiedergabegenauigkeit von Größe und Feinprofil, zu erzielen sind.

Eine Möglichkeit die herstellungsbedingten Dimensionsänderungen der Modellstümpfe zu kompensieren, ist durch die Einbettmaterialien gegeben.

Das Expansionsverhalten der Einbettmassen ist gekennzeichnet durch die Abbinde- und thermische Expansion. Letztere ist auf die Umwandlung von α- in β- Quarzkristalle zurückzuführen, je höher dieser Quarzanteil ist, desto höher ist die Expansion.

Da die Abbindeexpansion durch die Mischungsverhältnisse Flüssigkeit/ Pulver, die die Festigkeit und Porosität der Masse bestimmen, vorgegeben ist, ist es nur möglich die Gesamtexpansion über die thermische Expansion zu beeinflussen (17,25) Bei den gipsgebundenen Einbettmassen, die mit Wasser angerührt werden, läßt sich dies nur dadurch erreichen, daß man Materialien mit hohen oder niedrigen Quarzanteilen auswählt.
Die phosphatgebundenen Einbettmassen werden mit einer kolloidalen Kieselsäurelösung angerührt, durch deren Verdünnung mit destilliertem Wasser die Quarzbildung präzise gesteuert, und somit auch das thermische Expansionsverhalten bestimmt werden kann.(11)
Nach den vorliegenden Untersuchungen liegt eine Verkleinerung der Kunststoffstümpfe von 0,3% bei Jelenko, 1,4% bei Impredur und 1,8% bei Diemet vor. Hinzu kommt die Erstarrungskontraktion des Modellierwachses und die Gußkontraktion der verschiedenen Goldlegierungen, die zwischen 1,2% und 1,9% liegt (11).
Keine der bei uns gebräuchlichen Einbettmassen, weder gips- noch phosphatgebunden, ist jedoch in der Lage durch seine eigene Dimensionsänderung die Summation der vorangegangenen durchschnittlichen Änderungen zu kompensieren. (7,11,35).
Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Modellmaterialien Diemet und Impredur für die Inlaytechnik ungeeignet, Jelenko in Abhängigkeit von der präzisen Abstimmung der einzelnen Materialien bedingt geeignet ist. Die um 0,9% vergrößerten Begolithmodelle und um 0,09% vergrößerten Twestonestümpfe sind eine geeignete Grundlage um bereits die Wachskontraktion zu kompensieren. Im weiteren Verlauf der Inlayherstellung ist nur noch die spezifische Erstarrungskontraktion durch die Auswahl einer geeigneten Einbettmasse zu berücksichtigen.

7. Zusammenfassung

Verschiedene Stumpfmaterialien wurden auf ihre Anwendbarkeit in der Inlaytechnik untersucht. Dazu wurde ein Prüfkörper entwickelt, der alle Merkmale eines Molaren und einer MOD-Inlaypräparation mit slice-cut schematisch wiedergibt. Die Abformung des Körpers erfolgte durch Impregum mittels der Ringabformtechnik. Zur Anwendung kamen zwei synthetische Gipse, Begolith (BEGO) und Twestone (KETTENBACH) und drei Kunststoffmaterialien Impredur (ESPE), Jelenko (JELENKO) und Diemet (ERKODENT). Pro Stumpfmaterial wurden fünf Stümpfe erstellt.
Die Untersuchung wurde mit Hilfe eines Meßmikroskopes durchgeführt. Zur Feststellung der Wiedergabegenauigkeit wurden verschiedene Strecken am Modell gemessen und die Stumpfoberfläche einer optischen Beurteilung bei 1,5-facher Vergrößerung unterzogen. Es ist festzustellen, daß Stümpfe aus synthetischen Gipsen die Präparation vergrößert wiedergeben, wobei die Kavität verengt ist. Stümpfe aus Kunststoffen geben die Präparation verkleinert wieder, das Lumen der Kavität ist dabei verbreitert. Die Oberflächenbetrachtung ergab, daß die Reproduktion durch die Stonegipse besser ist als durch die Kunststoffe.

8. Literaturverzeichnis

1. BERNAU, R.
   MEYER, B.
   MORITZ, T.
   Experimentelle Untersuchungen von verschiedenen Modellmaterialien
   Stomatologie DDR 30 27-35 (1980)

2. BLÜMEL, R.
   BURDACH, E.
   Modellwerkstoffe und Spezialmodelle
   Zahntechnik DDR 16, 296 (1975)

3. DERMANN, K.
   Biegefestigkeit von Modellwerkstoffen
   Dtsch.zahnärztl.Z. 942-944 (1977)

4. EICHNER,K.
   KELLER, H.
   KIESE, H.
   KRUSE, H.
   Die systematischen Präparationen der konservierenden und prothetischen Zahnheilkunde (1959)

5. EIFINGER, F.F.
   STACHNI:, V.
   Die Präzision von Modellstümpfen nach thermischer Behandlung von Impregum-Abdrücken im Versilberungsbad
   ZWR 83. Jahrg. 1974, Nr. 20

6. FINGER, W.
   Werkstoffkundliche Untersuchungen an neuen Modellmaterialien
   Zahnärztliche Welt 81,747 (1972)

7. FINGER, W.
   Thermische Untersuchungen an Einbettmassen
   Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 598-604 (1973)

8. FRANZ, G.
   Zur Frage der Weiterverarbeitung eines Abdruckes
   Dental-Labor 24, Heft 10, 1359 (1976)

9. FRANZ, G. Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Hartgipse an linearen Proben und Kiefermodellen
Dtsch.zahnärztl.Z. 32, 945-948 (1977)

10. FRANZ, G. Über den günstigen Zeitpunkt zur Weiterarbeit auf einem Hartgipsmodell
Dtsch.zahnärztl.Z.34, 694-697 (1979)

11. FUCHS, P. Thermoanalytische Untersuchungen an gips- und phosphatgebundene Einbettmassen
Dtsch.zahnärztl.Z.30, 589-599 (1975)

12. FUHR, K.
RÖMETH, P. Profilographische Untersuchungen von Abform- und Modellmaterialien
Dtsch.zahnärztl.Z.31, 698-704 (1976)

13. GARDEMIN, U. Über das Volumenverhalten von Hartgipsen und Modellzementen
DZZ 24, Heft 6 (1969)

14. GODT, H. Über die Verwendung verschiedener Modellwerkstoffe bei der indirekten Gußherstellung
Dtsch.zahnärztl.Z. 19, 44-47 (1964)

15. GREULICH, R. Dentaloc - weitere Mitteilungen und Erfahrungen mit dem neuen Spezial-Hartgips
Zahntechnik (Berlin) 5, 161-163 (1964)

16. GUTOWSKI, A. Stumpfmodelle mit Hilfe der Nickelgalvanoplastik
DZZ 20, Heft 2 (1965)

17. HERING, H. Einbettmassen (in/EICHNER- Zahnärztl. Werkstoffe und ihre Verarbeitung) Alfred Hütling-Verlag, Heidelberg (1974)

18. HOELKE, M. Über Modellwerkstoffe und die Herstellung von Spezialmodellen Zahntechnik (DDR) 13, 390 (1972)

19. KÖRBER, K. LUDWIG, K. Zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie

20. LEHMANN,K. LANGE, G. Vergleichende Untersuchungen über Modellmaterialien für Kronen und Brücken Dental-Labor 24, Heft 5, 681-683 (1976)

21. LENZ, E. Prüfung der Modellherstellung für festsitzenden Zahnersatz Dtsch.Stom. 19, 90-102 (1969)

22. LENZ, E. Werkstoffkundliche Grundlagen und klinische Anwendung der ringlosen Stumpfabformung Stomatol. DDR 26, 292-296 (1976)

23. MARX, H. Zur Relation zwischen Abbindeexpansion und realer Dimension von Gipsmodellen Dtsch.zahnärztl.Z. 31, 694-697 (1976)

24. MARXKORS, R. Werkstoffe in der zahnärztlichen Praxis J.A.Barth-Verlag,Ffm. 13-39 (1972)

25. PIRMANN, F. Einbettmassen
Dental-Labor 26, Heft 9 (1978)

26. PANTKE, H.
HERRNSDORF, U. Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffung von Duroc-und Glastone-Modellen
Dtsch.Zahnärzteblatt 21, 132 (1967)

27. PAULICK, G. Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Gipsmodell-Werkstoffe auf das transversale und sagittale Dimensionsverhalten eines Kiefermodelles
Med.Diss.Mainz 1976

28. RITZE, H. Untersuchungen verschiedener Modellmaterialien
Dental-Labor 14, Heft 8 299-307 (1966)

29. SCHULZE, H.K. Modellherstellung, Teil I und II
Verlag Neuer Merkur München

30. SCHWINDLING, R. Über das chemisch-physikalische Verhalten der Alginatabdruckmassen bei Verwendung verschiedener Modellwerkstoffe
Prothetik 4, 1200-1208 (1954)

31. SCHWINDLING, R. in
EICHNER, K. Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihrer Verarbeitung (1970)

32. SIEBERT, G. Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit des okklusalen Reliefs durch verschiedene Abform- und Modellmaterialien
Dtsch.zahnärztl.Z.30, 728-731 (1975)

33. VIOHL, J. Abrieb an Modellwerkstoffen
Dtsch.zahnärztl.Z. 32, 937-941 (1977)

34. VOSS, R. Über die Abdruckgenauigkeit
Dtsch.zahnärztl.Z. 15, 1066-1072 (1960)

35. WAGNER, E. Zusammenhang zwischen den Dimensionsänderungen der Einbettmasse und der Paßgenauigkeit von schematischen Kronenringen
Dtsch.zahnärztl.Z. 32, 949-951 (1977)

36. WEIKART, P. Grenzen und Prüfung der Gußgenauigkeit
Dtsch.zahnärztl.Z. 3 (1957)

37. WELKER, D. Untersuchungen über die Verarbeitung von Modellgips und den Wert ihrer Standartisierung
Stomat. DDR 24, 503 (1974)

38. WELKER, D.
ANRADINCZEK, J. Ergebnisse experimenteller Untersuchungen neuer Modellwerkstoffe
Stomat. DDR 26, (1976)

39. WIRZ, J.
CASTAGNOLA, L.
GILOMEN, H. Werkstoffliche Untersuchungen von zahnärztlichen Hart- und Spezialhartgipsen
Vol.86/9, SMfZ/RMSO 1976

40. ZUKUNFT, D. Über die Eigenschaften und Verarbeitung des Spezialwerkstoffes "Impredur"
Zahntechnik (DDR) 18, 345-349, 1977

41. ZUKUNFT, D. "Zur Paßfähigkeit von Gußobjekten in Abhängigkeit von Abform- und Modellwerkstoffen sowie anderen Faktoren"

Thesen zum Thema des Rahmenthemenplanes
der Weiterbildung für Zahntechniker
Zahntechnik DDR 18, 167-170 (1977)

Lebenslauf

Am 24.07.1958 wurde ich, Elvine Broeder-Steffan geb. Broeder in Wiesbaden geboren.
Die Volksschule besuchte ich in den Jahren 1965 bis 1969.
Anschließend erfolgte der Besuch einer Gesamtschule bis zum Abschluß des 10. Schuljahres.
Im Jahre 1973 trat ich in das Oberstufengymnasium am Moltkering in Wiesbaden ein, wo ich im Dezember 1976 mit Erfolg das Abitur absolvierte.
Bereits im Sommersemester 1977 schrieb ich mich als Studentin der Zahnmedizin an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz ein.
Dort legte ich im März 1978 die naturwissenschaftliche und im Oktober 1979 die zahnärztliche Vorprüfung ab.
Am 14.Juni 1982 bestand ich die zahnärztliche Prüfung vor dem Prüfungsausschuß der Johannes-Gutenberg-Universität.
Seit Oktober 1982 bin ich als Ausbildungsassistent in der Praxis von Frau Gisela Steffan in Wölfersheim-Berstadt tätig.

D+K
DRUCK·KOPIE
Frankfurter Str. 22 — 6300 Gießen
Tel.: 0641 / 71878